PHILIPS

5

televisie



WIJ EN DE ELEKTRONICA

TELEVISIE

Toen de radio in de jaren na 1920 tot ontwikkeling kwam, werd deze techniek door velen als een wonder beschouwd. Langzamerhand is het overbrengen van „wat men horen kan” door middel van radiogolven voor iedereen iets vanzelfsprekends geworden.
Het verschijnsel televisie is eerst 25 jaar later gekomen, nadat de wetenschappelijke kennis en het technische kunnen voldoende ver ontwikkeld waren om het veel moeilijker overbrengen van „wat men zien kan” mogelijk te maken. Dit nieuwe wonder aanvaardt men nu ook bijna als een vanzelfsprekendheid. Doch de vraag: „Hoe is dat nu allemaal mogelijk?” komt bij velen op en in het volgende zal worden getracht hierop te antwoorden.

Om te verklaren hoe van een gebeurtenis een bewegende afbeelding gemaakt kan worden, moet men eerst nagaan hoe men van het tafereel op één bepaald ogenblik een (stilstaand) beeld maakt. Of, anders gezegd, om de *film* te begrijpen moet men eerst weten hoe een *foto* ontstaat.
Zo zal ook bij de *televisie*, het overzenden van bewegende beelden, eerst verteld moeten worden hoe men één stilstaand beeld kan overbrengen. Dit laatste nu was al veel eerder bekend; de telegrafisch overgebrachte foto's zijn daar een voorbeeld van.
Als men dan — zoals bij de film — een dergelijke afbeelding telkens binnen één twintigste seconde vervangt door een volgend plaatje, ontstaat door de nawerking van het oog de indruk van een voortdurend aanwezige afbeelding, ondanks de noodzakelijke donkere perioden nodig voor de beeldwisseling (zie ook deel 4, blz. 4). Eventuele kleine verschillen in de opeenvolgende plaatjes leiden tot de indruk van beweging in het beeld.
Dit principe wordt zowel bij de projectie van fims als van televisiebeelden toegepast: 24 beeldjes per seconde in de bioscoop en 25 per seconde bij de televisie.
Zowel bij de film als bij de televisie zal men goed moeten letten op het onderscheid tussen het opnemen en het weergeven van het beeld.

← *Opname in een kleuren-TV-studio*

Het vastleggen en overbrengen van een stilstaand beeld

Wij beginnen met de vraag: hoe wordt één enkel, stilstaand beeld met behulp van radiogolven overgebracht?
Met een lens, bv. een vergrootglas, kunnen we van onze omgeving een afbeelding vormen op een stuk papier. Dit zg. *„beeld"* bevat dezelfde kleuren als de afgebeelde voorwerpen. Afgezien van deze kleuren, kan aan elk beeldpunt op het papier een bepaalde tint of lichthelderheid toegekend worden, een „grijsheid" liggende tussen heel-zwart en heel-wit. Dit beeld kan men vastleggen, bv. langs fotografische weg. Hoe dat gaat wordt hier bekend verondersteld.
Bij andere manieren verdeelt men het beeld eerst in vakjes, hoe fijner het netwerk, hoe beter. Van elk vakje kan men de (gemiddelde) verlichtingssterkte meten en het resultaat van die meting door middel van een zwarte inktstip in dat vakje vastleggen: hoe donkerder het vakje, hoe groter de stip.
Dit lijkt ingewikkeld en vreemd, maar in elke krant worden foto's op deze manier afgebeeld. Bekijkt men een krantenfoto met een vergrootglas dan is dat duidelijk te zien. Alle puntjes zijn met dezelfde zwarte inkt gedrukt op onderling gelijke afstand, doch ze zijn niet alle even groot. Men kan de puntjes in rijen of „lijnen" aaneenrijgen. Hoe fijner het raster, hoe beter de kleine details op de foto uitkomen (zie fig. 1).
Ook is het mogelijk van elk vakje waarin het beeld verdeeld is, de (gemiddelde) lichtsterkte door middel van een getal vast te leggen. Men kan bv. het door de lens op een vel ruitjespapier gevormde beeld met een lichtsterktemeter gaan *„lezen"* en, te beginnen met de bovenste rij of *lijn*, vakje voor vakje het getal opgeven dat de meter telkens voor de lichtsterkte aangeeft. Na de eerste lijn volgt de tweede, dan de derde lijn, enz.
Figuur 2 toont als voorbeeld van een over te brengen afbeelding een strandgezicht: een schip, de zon, een wolk, de zee, het strand en een zeehond. We denken ons het beeld verdeeld in vijf *„lijnen"* van elk vijf vakjes. Voor de gemiddelde lichtsterkte per vakje beperken we ons tot de gehele getallen 1 — wit — tot 6 — zwart. We lezen dan: 44331, 33133, 31113, 44444, 11161.
Deze getallen kunnen nu van de lezer of opnemer A bv. per telefoon of radio overgebracht worden naar de ontvanger B. A *„leest"* het beeld, terwijl B op een stuk papier met 5 × 5

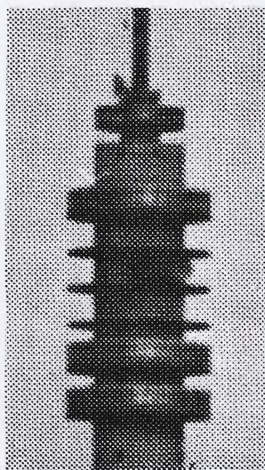


Fig. 1. Vergroot detail van een fotoreproduktie

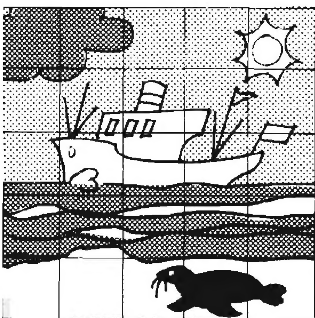


Fig. 2.

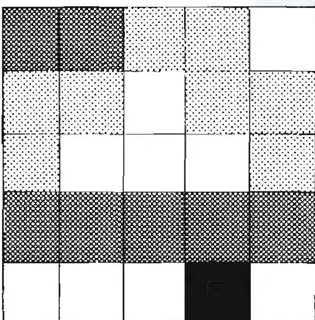


Fig. 3.

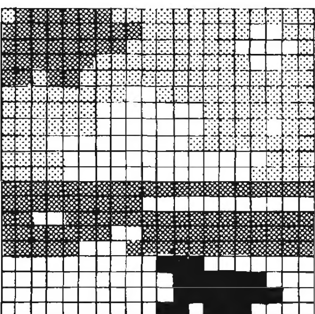


Fig. 4.

vakjes met potlood de grijsheid van elk vakje intekent. Het resultaat is in figuur 3 aangegeven.
Natuurlijk moet B in hetzelfde tempo *tekenen* als A *leest;* ze moeten gelijk-op, of zg. *synchroon* werken. Het is daarom voor B erg prettig, als A telkens aangeeft dat hij met een nieuwe lijn begint, bv. door de komma's in de reeks getallen te noemen. En ook dat het beeld af is, door ook de punt aan het einde door te geven. B weet dan zeker dat hij synchroon meewerkt en bovendien zal het resultaat niet geheel bedorven worden als door storingen de gegevens van bv. één regel verminkt worden. Later zullen we deze tekens bij de televisie tegenkomen als zg. synchronisatiesignalen. Het in figuur 3 bereikte resultaat is niet erg fraai: alle details zijn verloren gegaan. Het kan verbeterd worden door een fijner netwerk, dus door meer lijnen te gebruiken. Fig. 4 is het resultaat bij gebruik van 20×20 vakjes. Het spreekt vanzelf dat A aan B veel meer gegevens moet doorgeven om zoiets te verkrijgen. Of er moet sneller gewerkt worden, óf er is meer tijd nodig.
Hoewel het resultaat al heel wat beter is, voldoende is het nog lang niet. Bij de televisie o.a. in Nederland, wordt de over te brengen afbeelding in 625 horizontale lijnen verdeeld. Daar dit beeld 4/3× zo breed als hoog is, kunnen er 4/3×625 = ruim 800 vakjes naast elkaar in één lijn gedacht worden, in totaal voor alle lijnen dus ruim een half miljoen!
Dat is heel veel. Als men bovendien bedenkt dat bij de televisie 25 beelden per seconde overgebracht moeten worden, dus dat in één seconde 25 keer ruim een half miljoen vakjes, d.i. in totaal meer dan 10 miljoen vakjes, de lichtsterkte bepaald moet worden, dan is het duidelijk dat men hierbij de mens niet kan inschakelen. Alleen elektronische middelen kunnen dit vereiste tempo bereiken!
We gaan nu een stap verder en keren daartoe naar fig. 2 terug. De lichtsterkte in elk vakje gaan we niet meer aangeven door een getal maar door de sterkte van een elektrische stroom: zwart (6) door een sterke stroom, wit (1) door een zwakke, enz. Als nu achtereenvolgens de verschillende vakjes doorlopen worden, ontstaat een in sterkte wisselende stroom, dus een wisselstroom of een elektrische trilling. Men noemt deze trilling het video-signaal. De komma aan het einde van een lijn kan men ook in deze code onderbrengen, bv. door een extra sterke stroomstoot en de punt door een langere stroomstoot (fig. 5).
Het overbrengen over grote afstand van zo'n wisselende stroom is geen probleem meer. In het deeltje „Radio" is verteld hoe door modulatie van een hoogfrequente draaggolf, de

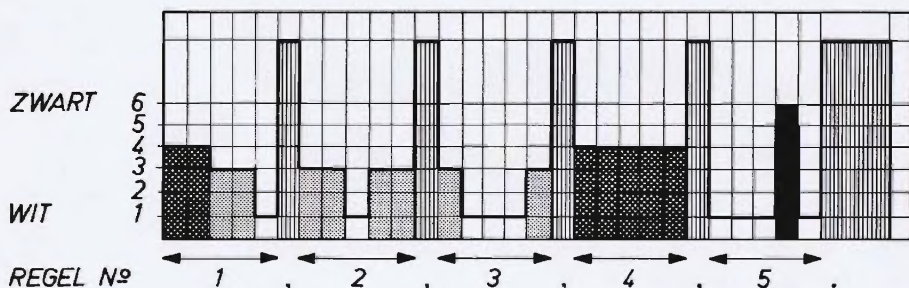


Fig. 5. Figuur 3 in een elektrisch signaal uitgedrukt

door een microfoon geleverde elektrische trilling kan worden overgebracht. Ook bij de televisie gebruikt men zo'n draaggolf voor het overbrengen van de elektrische trilling die de lichtsterkte van de opeenvolgende beeldvakjes aanduidt.
Hoe wordt dit video-signaal nu verkregen en hoe wordt hieruit weer de afbeelding opgebouwd? De hierbij toegepaste elektronische hulpmiddelen zijn elektronenbuizen: de opneembuis aan de zendkant en de beeldbuis aan de ontvangkant.

De opneembuis

In de loop der jaren zijn diverse typen van opneembuizen ontwikkeld. We bespreken hiervan het moderne plumbicon. Hierin wordt gebruik gemaakt van een stof, die in het donker een isolator is, maar die zwak geleidend wordt als er licht opvalt. Hoe sterker dat licht, hoe beter deze geleiding. Een dergelijk materiaal heet een fotogeleider (zie ook deeltje 8, blz. 8). De voorzijde van de opneembuis wordt gevormd door de zg. signaalplaat. Hierop wordt door de lens van de opneemcamera een optisch beeld (lichtbeeld) gevormd van het op te nemen tafereel (zie fig. 7). Een glazen plaat dient als drager. Aan de binnenzijde is deze voorzien van een dun laagje goed geleidende, doorzichtige stof. Op deze geleidende laag G is een zeer dunne fotogeleidende laag F aangebracht (zie fig. 8). Als materiaal hiervoor gebruikt men loodmonoxyde. Laag G is op een positieve spanning aangesloten. Hierdoor tracht dit laagje negatief geladen elektronen naar zich toe te trekken, zoals die bv. in de laag F aanwezig zijn. Dit gelukt natuurlijk alleen daar waar de laag geleidend is, dus daar waar er licht op valt.

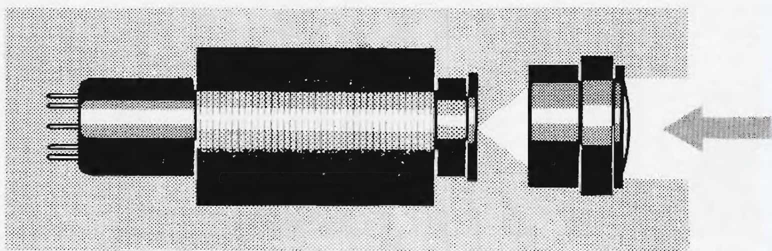


Fig. 6. Lenzenstelsel met plumbicon

Het optische beeld, dat de lens door de glasplaat en laag G heen op deze fotogeleidende laag F projecteert, bestaat uit gedeelten met verschillende lichtsterkten. Deze laag kunnen we ons verdeeld denken in zeer kleine stukjes, elementjes genoemd. Daar, waar het beeld zwart is (geen licht) zijn de elementjes niet-geleidend en behouden dus hun elektronen. Daar, waar licht aanwezig is zijn de elementjes zwak-geleidend en verliezen dus geleidelijk hun elektronen. Er ontstaat een steeds toenemend elektronentekort; anders gezegd: de elementjes worden steeds sterker positief geladen. Dit ge-

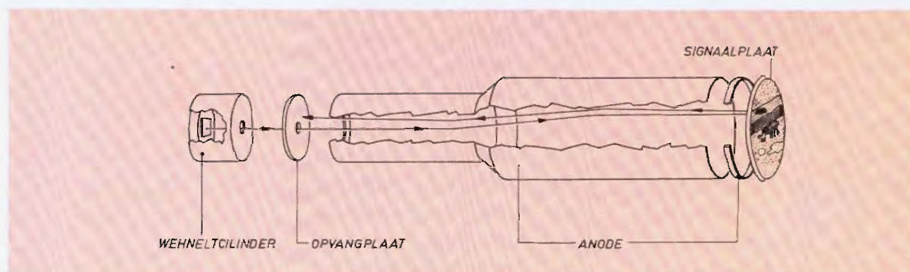


Fig. 7. Een opengewerkt plumbicon

beurt in een tempo dat sneller is naarmate de elementjes beter geleidend zijn, d.w.z. naarmate ze sterker belicht worden. Zo ontstaat aan de binnenzijde van de laag F een elektrische afbeelding van het optische beeld: snel toenemende elektronentekorten waar veel licht en langzaam toenemende tekorten waar weinig licht is.

Als er nu verder niets gebeurt, zullen alle elementjes — het ene eerder dan het andere — tenslotte alle even sterk positief worden als de positieve plaat G. Zóver laat men het echter niet komen!

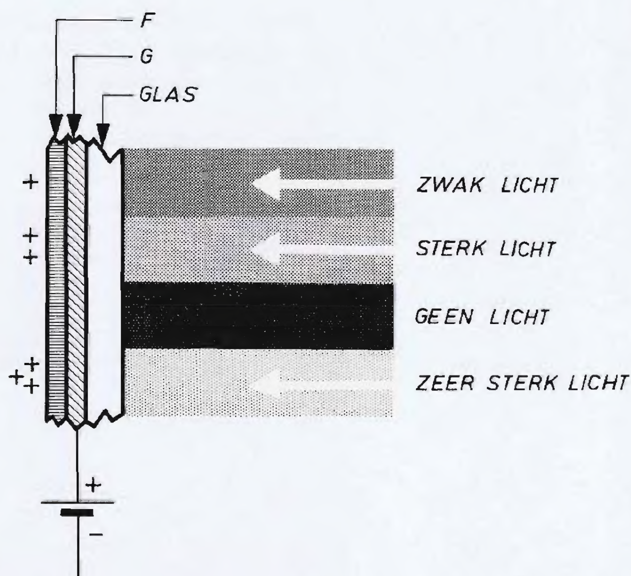


Fig. 8. Doorsnede van de signaalplaat:
G = geleidende laag,
F = fotogeleidende laag

Het aftasten van de signaalplaat door een elektronenstraal

De opneembuis bevat verder nog een elektronenkanon, zoals besproken in deel 4, Elektronenstraalbuizen. Hieruit komt een elektronenstraal met constante intensiteit; deze is aanvankelijk gericht op het midden van de signaalplaat. Focussering van de elektronenbanen geschiedt door een magneetspoel, die om de buis is aangebracht. Verder bevinden zich in de buis enkele ringvormige elektroden die een elektrisch veld veroorzaken. De elektronen van de straal worden hierdoor eerst versneld in de richting van de baan en vervolgens vertraagd. Vlak voor de signaalplaat komen ze tot stilstand; ze keren terug en belanden tenslotte op een opvangelektrode of collector. Hierin veroorzaken ze de zg. collectorstroom.
De signaalplaat wordt dus nèt niet door de elektronen getroffen; het omkeerpunt van hun beweging ligt er wel vlak bij. Deze beweging lijkt op die van een reeks tennisballen die we in een kamer met een „tennisballenkanon" zo hard omhoog gooien dat ze de zoldering nèt niet raken. De zwaartekracht vertraagt hierbij de omhooggaande beweging en zorgt er vervolgens voor dat de ballen naar beneden gaan, waar ze te-

recht komen in een opvangschaal, de collector. Er komen per seconde evenveel ballen in de schaal, en elektronen op de collector, als er „omhoog gegooid" worden. Daar het elektronenkanon een constante stroom uitzendt, zal ook de collectorstroom constant zijn.

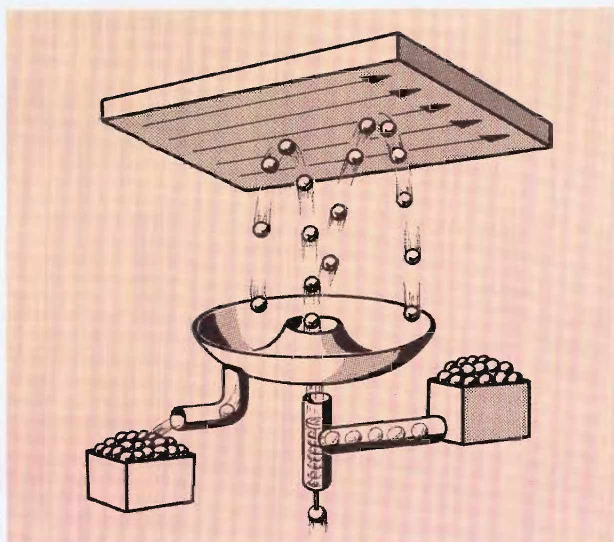


Fig. 9. Het tennisballenkanon

De elektronenschaal blijft niet voortdurend op één punt van de signaalplaat gericht. Door de spoelen van het magnetische afbuigsysteem dat om de buis heen is aangebracht, stuurt men nl. een stroom. De elektronenstraal wordt hierdoor afgebogen. Men wisselt de stroom door de afbuigspoelen nu zodanig, dat het punt waarop de straal gericht is, de gehele signaalplaat doorloopt. Hierbij wordt een raster van horizontale lijnen beschreven: eerst de bovenste van links naar rechts (we zien er van af dat de lens een omgekeerd beeld van het tafereel vormt) en dan de lijn vlak daaronder, enz. We vermeldden reeds dat men in Nederland het beeld in 625 lijnen ontleedt. Na 1/25 seconde is het gehele beeld doorlopen en wordt opnieuw met de eerste lijn begonnen, enz. Achtereenvolgens verschijnt dus het omkeerpunt van de elektronenstraal gedurende korte tijd bij elk elementje en komt daar weer telkens na 1/25 seconde terug. Deze bewegende elektronenstraal kan nu de signaalplaat aftasten op de volgende wij-

ze. In het voorafgaande hebben we verteld dat zich op de fotogeleidende laag F, als deze belicht wordt, een elektrische afbeelding vormt van het optische beeld: snel toenemende elektronentekorten waar veel licht en langzaam toenemende tekorten waar weinig licht is.

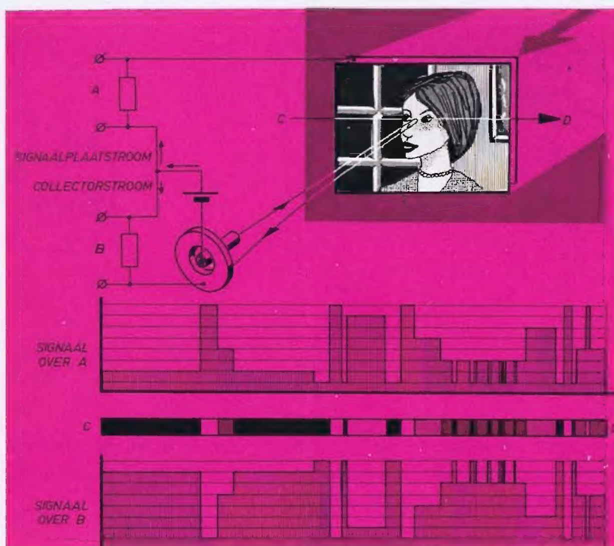
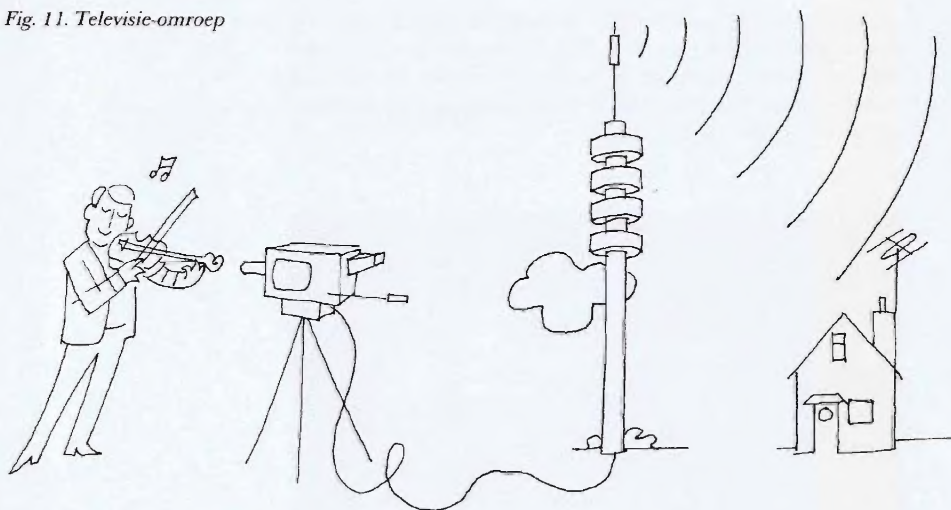


Fig. 10. Het resultaat van het aftasten van een beeldlijn

Als het omkeerpunt van de elektronenstraal nu bij een elementje komt met een elektronentekort, dus met een positieve lading, zal deze uit de straal elektronen aantrekken en opnemen. Immers positieve ladingen trekken negatieve aan. Er worden zoveel elektronen opgenomen dat de „attractie" verdwijnt, dus tot het elementje weer neutraal is. De normale toestand is dan weer hersteld.
De collector zal hierdoor minder elektronen dan eerst ontvangen en net zoveel minder als het elektronentekort van het elementje bedroeg. Uit de collectorstroom kan men dus dit tekort aflezen.
Alle elementjes van de laag F komen na elkaar binnen 1/25 seconde aan de beurt. Telkens na 1/25 seconde worden alle elektronentekorten door de elektronenstraal, die „langs komt", aangevuld. Sterk belichte plaatsen, die door fotogeleiding in die 1/25 seconde een groot elektronentekort gekregen hebben, nemen dan veel elektronen op en veroorzaken

Fig. 11. Televisie-omroep



een sterk verzwakte collectorstroom. Zwak belichte plekken nemen slechts enkele elektronen op, zodat de bijbehorende collectorstroom weinig verzwakt is.

De collectorstroom varieert dus en in die variaties liggen voor alle plaatsen van de signaalplaat de aanwijzingen verborgen van de sterkte van het opvallende licht.

Het doel is bereikt. Het beeld is „gelezen" en de lichtsterkte van alle plaatsen, van alle „vakjes", is door een elektrisch signaal aangegeven.

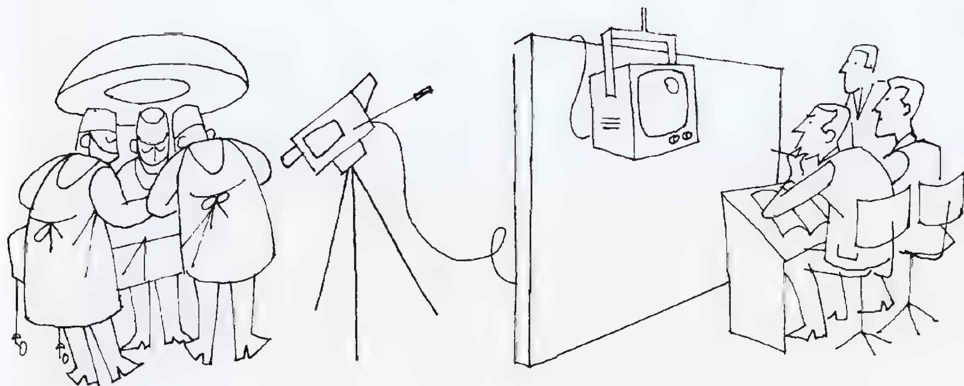
Er zij op gewezen, dat in de praktijk om technische redenen het signaal niet afgenomen wordt van de collector, doch van wat — met recht — de signaalplaat heet. Dat daar ook een signaalstroom loopt, kan als volgt op vereenvoudigde wijze worden aangetoond. Uit het elektronenkanon komt een constante stroom. Er keert hiervan een niet-constant gedeelte naar de collector terug. Het verschil, dat dus ook niet constant is, wordt opgenomen door de signaalplaat en verlaat deze door de aansluiting daarvan op de spanningsbron. Ook deze signaalstroom bevat dus een „signaal" en dit is om bepaalde redenen beter bruikbaar.

Het overbrengen van het video-signaal

Dit signaal moet naar de ontvanger worden overgebracht. Hierbij zijn twee gevallen te onderscheiden. Met dat, wat gericht is op een groot en willekeurig publiek, zijn de meeste Nederlanders sinds 1952 goed vertrouwd. Bij de „televisie-omroep" bereikt het video-signaal, met amplitudomodulatie in een draaggolf ondergebracht, de meer dan twee miljoen televisie-ontvangers.

Televisie wordt echter niet alleen voor de omroep gebruikt. In bedrijven b.v. is het vaak gewenst vanaf een centraal punt te zien, wat op andere plaatsen gebeurt. Dat kan een vér verwijderde plaats, of een moeilijk toegankelijke, of gevaarlijke plaats zijn. Soms is het nodig tegelijkertijd te weten wat er op verschillende plaatsen gebeurt. Omroep heeft daar geen zin.
Elke opneemcamera wordt dan direct met een of meer televisietoestellen, z.g. monitors, verbonden via een kabel. Men noemt zoiets televisie over kabel, „gesloten circuit" televisie, of ook bedrijfstelevisie. Toepassingen zijn b.v. het bewaken van parkeerplaatsen, emplacementen en opslagplaatsen, het overzien en het op afstand regelen van het verkeer in een gehele stadswijk, het volgen van een operatie door een grote groep medische studenten, het waarnemen van wat er in een gloeiend hete oven, of in een door radio-actieve straling gevaarlijke ruimte gebeurt, enz.

Fig. 12. Televisie-over-kabel



De beeldbuis in de televisie-ontvanger

Hoe in het ontvangtoestel uit de binnengekomen signalen het televisiebeeld opgebouwd wordt, is nu niet moeilijk te begrijpen. We weten uit deel 4, Elektronenstraalbuizen, dat in de beeldbuis, die in wezen een elektronenstraalbuis is, een elektronenstraal op het scherm een lichtvlekje veroorzaakt. De plaats van dit vlekje kan door elektrische stromen in de afbuigspoelen veranderd worden, de lichtsterkte door verandering van de spanning op de wehneltcilinder.

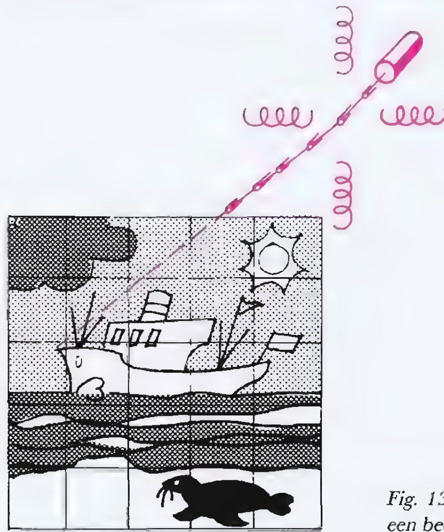
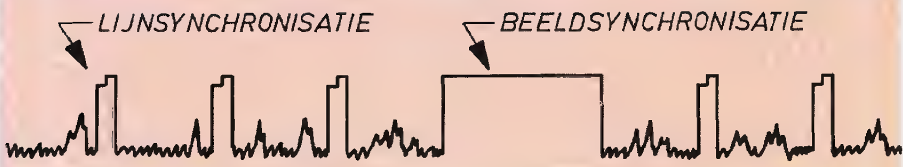


Fig. 13. Het schrijven van een beeld

Allereerst zorgt men dat de lichtvlek telkens in 1/25 seconde het gehele scherm doorloopt en wel in 625 horizontale lijnen. Zoals in het begin bij figuur 2 is gezegd, zal de ontvanger B

Fig. 14. Het videosignaal



op elk ogenblik met „hetzelfde" vakje bezig moeten zijn als de opnemer A. Zo zal ook in de beeldbuis de lichtvlek op het beeldscherm elk ogenblik op „dezelfde" plaats moeten zijn als de aftastende elektronenstraal in de opneembuis. Hiervoor zijn *synchronisatie signalen* nodig. Vlak vóór de opneembuis met een nieuwe lijn begint, wordt telkens door de generator van de opneemcamera een z.g. *lijnsynchronisatie-signaal* (bij figuur 2: de komma) uitgezonden, waardoor ook de beeldbuis met een nieuwe lijn begint. Dit gebeurt dus 25× 625 keer per seconde. Zo wordt ook vlak voor het beginnen aan een nieuw beeld, een z.g. *beeldsynchronisatie signaal* gegeven (bij figuur 2: de punt) en begint ook de beeldbuis met een nieuw beeld. Dit gebeurt 25 keer per seconde.
Tenslotte zet men het ontvangen video-signaal op de wehneltcilinder van de beeldbuis ... en dan verschijnen op het tot nu toe witte scherm alle variaties in lichtsterkte die ook in het oorspronkelijke beeld aanwezig waren. We zien het schip voorbij varen en de zeehond in zee duiken. De televisiekijker zal zich daarbij moeilijk kunnen voorstellen, dat slechts één lichtvlekje met razende snelheid telkens opnieuw het beeldscherm volschrijft, dat elke seconde meer dan 10 miljoen beeldvlakjes afgetast en weergegeven worden!

Het overbrengen van televisiesignalen door middel van radiogolven

Zoals reeds gezegd wordt het video-signaal door middel van een gemoduleerde hoogfrequente draaggolf van de zender naar de kijker overgebracht. Hierbij is men aangewezen op zeer hoge draaggolffrequenties. Dit kan men gemakkelijk inzien.
Bij de radio moet men uit geluid verkregen elektrische trillin-

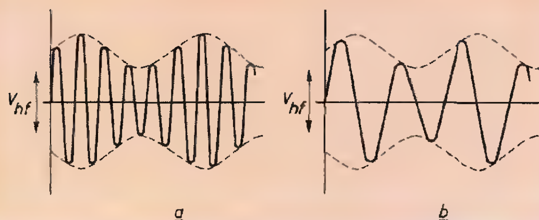


Fig. 15. Modulatie van snel, resp. langzaam trillende draaggolf

gen overbrengen met frequenties tot 10.000 Hz. Om nu de sterkte van de draaggolf in dit tempo te variëren (we nemen dus amplitudo-modulatie aan) moet de draaggolf zelf dus zeker een hogere frequentie hebben. Hiervoor is 100.000 Hz voor de geluidsradio in principe reeds voldoende.
Het video-signaal van de televisie geeft echter in één seconde de lichtsterkte aan van — zoals we zagen — liefst 625 × 4/3 × 625 × 25 d.i. meer dan 10 miljoen beeldvlakjes. Dit signaal bevat dus — nog afgezien van de synchronisatie-signalen — ruim 10 miljoen wisselingen per seconde. Zijn de vakjes om en om zwart en wit, dan komt dit signaal overeen met een elektrische trilling met een frequentie van 5 MHz.
Wil men nu een draaggolf met deze frequentie moduleren, dus b.v. de sterkte van die golf in dit tempo variëren (AM), dan kan dit alleen als de draaggolf zelf in een veel sneller tempo trilt. Zoals uit figuur 15 blijkt, kan alleen bij een zeer snel trillende draaggolf het video-signaal met enige zekerheid worden teruggevonden. Daarom zal de draaggolffrequentie ten minste 30 miljoen Hz = 30 MHz moeten zijn, hetgeen overeenkomt met een golflengte van ten hoogste 10 m. Voor televisie, waarbij per seconde zeer veel gegevens overgebracht moeten worden, zijn dus zeer korte golven nodig, de z.g. metergolven. Dit is een van de redenen waarom de televisie zoveel later kwam dan de radio; de techniek van de zeer-hoogfrequente trillingen is eerst later tot ontwikkeling gekomen.
In het deel „Frequentie-modulatie" is besproken wat de consequenties zijn van het gebruik van korte golven. Wij noemen: een klein zendbereik, hoog geplaatste zend- en ontvangantennes, afgestemde antennes en de noodzaak van een netwerk van zenders. Zo zijn in Nederland o.a. op de torens van het zendernet voor FM-korte golven ook antennes van het televisiezendernet geplaatst en worden de televisie-antennes net zo uitgevoerd als de FM-kortegolf-antennes (zie fig. 16). De voornaamste Nederlandse televisiezender voor het z.g. eerste net, die in Lopik staat, zendt het video-signaal uit op een frequentie van 62,25 MHz, overeenkomende met een golflengte van 4,8 m. Ter beperking van de toch al grote bandbreedte past men voor het beeld amplitudo modulatie toe. Het zendvermogen is 100 kW.
Bij het beeld is natuurlijk ook het geluid onontbeerlijk! De tijd van de stomme filmprojectie is al lang voorbij! Dit geluid wordt normaal per „radio" overgebracht. Om geluid en beeld met dezelfde antenne te kunnen ontvangen, gebruikt men een draaggolf, die weinig van de video-draaggolf afwijkt. Voor Lopik is dat 67,75 MHz, overeenkomende met 4,4 m;



Fig. 16. Het eerste Nederlandse TV-zendernet

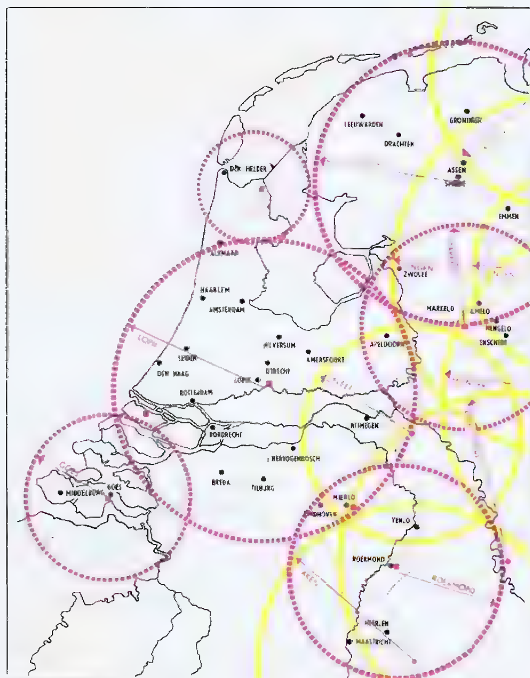


Fig. 17. Het tweede Nederlandse TV zendernet

het vermogen is 20 kW. Natuurlijk past men hier FM met een grote geluidsomvang toe!
De beide draaggolven vormen te zamen een z.g. „kanaal". Uit hetgeen in het deel „Frequentie-modulatie" is besproken, volgt dat, ter voorkoming van onderlinge storingen, de draaggolffrequenties in één kanaal voldoende ver uit elkaar moeten liggen. Voor een video-signaal van 5MHz en een geluidssignaal van 10.000 Hz is het frequentieverschil van 67,75 — 62,25=5,5 MHz voldoende.
Sinds 1964 bestaat er in Nederland een tweede net, werkende op een nog kortere golflengte, dus een nog hogere frequentie (zie fig. 17). De frequenties van de voornaamste zender in Lopik zijn 519,25 — 524,75 MHz. Voor de ontvangst is een aparte antenne nodig, aangepast aan de kortere golflengte. Ook in het ontvangtoestel zijn voorzieningen nodig om beide programma's te kunnen ontvangen.

Schema van de TV-ontvanger

Het TV-toestel ontvangt met de antenne dus twee draaggol ven tegelijk. Na het passeren van een kanaalkiezer met af-

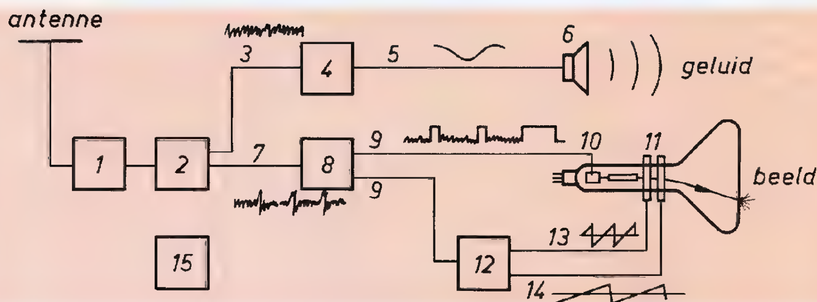


Fig. 18. Blokschema van een televisieontvanger

1. *Kanaalkiezer met afstemkring*
2. *Versterker*
3. *Geluidsdraaggolf*
4. *Demodulator en versterker voor het geluid*
5. *Geluidssignaal*
6. *Luidspreker*
7. *Beelddraaggolf*
8. *Demodulator en versterker voor het beeld*
9. *Video-signaal met synchronisatiesignalen*
10. *Wehneltcilinder*
11. *Beeldbuis*
12. *Generators voor afbuigspanningen*
13. *Horizontale afbuigstroom*
14. *Verticale afbuigstroom*
15. *Voeding*

stemkring worden ze te zamen versterkt en eerst dan gescheiden. De geluidsdraaggolf gaat naar een normale FM-ontvanger, die het geluid reproduceert.
Uit de beelddraaggolf wordt door demodulatie in de videodetector het video-signaal mèt de synchronisatie-signalen herkregen, zoals dat door de opneemcamera geleverd is. Deze zorgt, aan de wehneltcilinder van de beeldbuis toegevoerd, voor de regeling van de sterkte van de elektronenstraal, dus van de lichtsterkte van het vlekje op het beeldscherm. De synchronisatie-signalen sturen de generators voor de twee afbuigspanningen: een snelle voor de horizontale en een 625 maal langzamere voor de verticale afbuiging. Tenslotte is er nog het voedingsgedeelte dat de spanningen opwekt, nodig in de vele elektronische schakelingen. Met deze sterk vereenvoudigde beschrijving zullen wij moeten volstaan.

Enkele opmerkingen

Volledigsheidhalve zij vermeld, dat men ter vermindering van het flikkeren van het beeld z.g. interliniëring toepast. Dit betekent dat eerst alle oneven lijnen (van boven af no. 1, 3, 5 enz.) en vervolgens alle even lijnen (no. 2, 4, 6 enz.) worden weergegeven. Zodoende ontstaan eigenlijk per seconde 50 rasters van elk 312 ½ lijnen.
Terwijl in de meeste landen van Europa het 625-lijnensysteem wordt toegepast, gebruikt men in Frankrijk, Luxemburg en een deel van België een beeldontleding in 819 lijnen, in Engeland in 405 lijnen. Er bestaan echter plannen om over te gaan op het eerstgenoemde systeem. Om ontvangst ook van het 819-lijnensysteem in het Zuiden van Nederland mogelijk te maken zijn de z.g. „universele ontvangers" verkrijgbaar. De „superontvangers" lenen zich alleen voor de ontvangst van zenders die met 625 lijnen werken.
De lichtsterkte van het televisiebeeld is zo groot, dat het niet nodig is om de uitzending te volgen in een geheel verduisterd vertrek. Het is zelfs beter een deel van de verlichting te laten branden. Dit voorkomt de „kijkmoeheid" die een gevolg is van te grote lichtcontrasten. Bovendien wordt dan niet iedereen in de huiskamer tot kijken gedwongen.
Ook moet men niet te dicht bij het toestel gaan zitten, daar dan het lijnenraster zichtbaar wordt.

KLEURENTELEVISIE

In 1967 heeft ook de kleurentelevisie zijn intrede in ons land gedaan. Vanzelfsprekend geeft het overbrengen van een televisiebeeld in kleuren nog meer problemen dan van een zwart wit beeld. Er zijn n.l. nog al wat verschillende kleuren. Gelukkig is ook dit probleem minder moeilijk dan op het eerste gezicht wel lijkt.
Bij de overdracht van kleuren past men aan de opnamezijde het principe van kleurschifting toe en aan de weergavezijde dat van de kleurmenging. Wij zullen dit in het kort bespreken.

Kleurschifting

Wanneer een dunne lichtstraal op een wit scherm valt, verschijnt daarop een witte lichtpunt (fig. 19). Plaatst men in de stralengang een prisma, dan ontstaat op het scherm een gekleurde streep, een z.g. *spectrum*. Deze streep gaat geleidelijk van rood via de kleuren oranje, geel, groen en blauw, over in violet. Men noemt dit de *spectrumkleuren*. Elk van deze kan niet verder worden geschift: het zijn de zuivere kleuren.
De kleurschifting is „ontstaan" doordat de verschillende kleuren die in het opvallende licht blijkbaar reeds aanwezig waren, in verschillende mate van hun rechte weg worden afge-

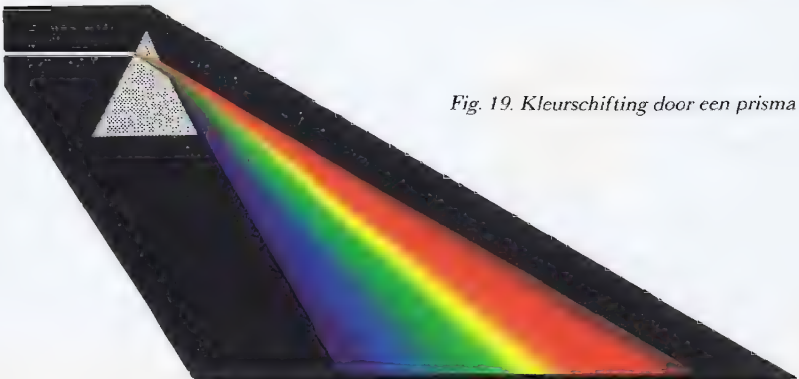


Fig. 19. Kleurschifting door een prisma

broken. Wit licht bestaat dus uit de verzameling van de spectrumkleuren.
Valt op het prisma een paarse lichtbundel in, dan ontstaat op het scherm alleen het rode en het blauwe deel van het spectrum. Paars is dus blijkbaar een mengsel van rood en blauw licht. Zo kan men de samenstelling van elke kleur onderzoeken. Dit brengt ons op het volgende: de kleurenmenging.

Kleurenmenging

Kleurenmenging hebben wij allen wel eens toegepast met onze verfdoos. Als wij twee of meer kleurstoffen mengen, ontstaan allerlei nieuwe kleuren. Zo geeft gele met blauwe verf gemengd groene verf. Hoe ontstaat nu deze kleur? En, waarom heeft de ene kleurstof een gele en een andere een blauwe kleur?
De oorzaak hiervan is de *filterwerking* van deze stoffen, waardoor bepaalde kleuren uit het opvallende witte licht worden geabsorbeerd en de rest ongehinderd doorgaat.
In fig. 20 is uitgebeeld dat een filter met een blauwe kleurstof van het witte licht alleen het blauw doorlaat en in zwakkere mate groen en violet. De uitgaande straal is daardoor blauw. Een geelfilter laat alleen geel licht door en in mindere mate de naburige kleuren oranje en groen. In beide gevallen worden alle andere spectrumkleuren uit het opvallende licht geabsorbeerd.
Mengen wij nu gele en blauwe verfstof, dan zijn er in feite twee filters werkzaam, een gele en een blauwe. Elk van deze laat alleen bepaalde kleuren door, zodat slechts die kleuren

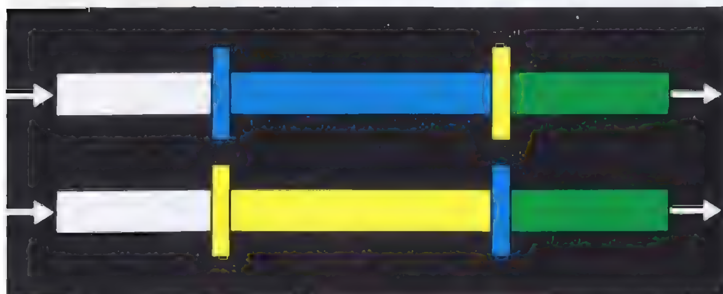


Fig. 20. Subtractieve kleurmenging

overblijven die beide doorlaten. In dit geval is dit alleen groen (fig. 20).
Daar elk filter bepaalde kleuren aan het doorgaande licht onttrekt, noemt men dit *subtractieve kleurenmenging* (subtractie = aftrekking). Er is echter nog een andere methode, nl. die waarbij kleuren worden opgeteld, de *additieve kleurenmenging* (additie = optelling). Deze is voor ons doel van veel meer belang.

Additieve kleurmenging

In plaats van kleurstoffen met hun verschillende eigenschappen kunnen wij ook kleuren licht mengen. Wij doen dit bv. door met projectors voorzien van kleurfilters, lichtbundels op een scherm te laten vallen in de drie kleuren rood, groen en blauw, die elkaar gedeeltelijk bedekken (fig. 21). Op het scherm zien wij dan gebieden waar slechts één soort licht valt, gebieden waar twee kleuren tegelijk aanwezig zijn en een gebied met alle drie kleuren. Het blijkt nu dat wij waarnemen:



Fig. 21. Additieve kleurmenging met de drie grondkleuren rood, groen en blauw

rood + groen licht = geel licht
rood + blauw licht = paars licht
groen + blauw licht = turquoise licht

en als bijzonderheid:

rood + groen + blauw licht = wit licht

Door variatie van de lichtsterkte van één of meer bundels kan men een zeer groot aantal kleuren laten ontstaan, bv.:

rood + zwak groen licht = oranje licht, enz.

Grijs verkrijgt men door alle kleuren in gelijke mate te verzwakken. Zelfs zwart kan ontstaan, nl. door de drie projectors uit te schakelen!
Samenvattend blijkt dus dat men alle gewenste kleuren kan verkrijgen door additieve kleurenmenging van de drie *grondkleuren rood, groen en blauw* met verschillende lichtsterkten. Ons probleem van het moeten overbrengen van alle kleuren, is gereduceerd tot het overbrengen van slechts drie kleuren!

Principe van het overbrengen van gekleurde beelden

Voor het overbrengen van afbeeldingen in kleur zal dus het volgende moeten gebeuren:
a. kleurschifting in de televisiecamera om het over te brengen beeld te ontleden in drie beelden in elk van de grondkleuren;
b. overbrenging per radiogolf van de informatie over de lichtsterkte-verdeling in de drie beelden;
c. additieve kleurenmenging in de ontvanger om weer een compleet beeld in kleuren te krijgen.
Als bijzondere eis wordt gesteld de mogelijkheid om van een uitzending in kleuren toch een zwart-wit beeld te ontvangen op een „normale" ontvanger. Niet iedereen is nl. in het bezit van een kleurenontvanger.

De camera voor kleurentelevisie

Wij beginnen weer in de studio. Ook in de camera voor kleurentelevisie wordt door een lens van de op te nemen scene een beeld gevormd op de signaalplaat van een opneembuis.

De werking hiervan hebben wij reeds besproken. Dit beeld bevat echter alleen het groen, omdat het licht onderweg twee spiegels gepasseerd is van een bijzondere samenstelling dichroïtische spiegels). De eerste spiegel heeft de eigenschap alleen blauw licht te reflecteren, terwijl al het andere licht ongehinderd wordt doorgelaten (fig. 22). Dit blauwe licht gaat omhoog en vormt een blauw beeld van de scene op de signaalplaat van een tweede opneembuis.
De tweede spiegel doet hetzelfde voor rood licht. Dit wordt naar beneden weerkaatst, zodat op de signaalplaat van een derde opneembuis het beeld van de scene in rood licht ontstaat. Daar wit — blauw — rood = groen, zal men op de eerste buis dus een groen beeld krijgen. Kleurschifting is hier dus niet met een prisma verkregen, maar met behulp van bijzondere spiegels.
De drie buizen tasten hun signaalplaat synchroon af, d.w.z. dat op een bepaald moment in alle drie hetzelfde punt van de scene aan de beurt is. De drie camera's geven nu elk een video signaal dat voor de drie grondkleuren alle informatie bevat over de lichtsterkteverdeling in het opgenomen beeld.

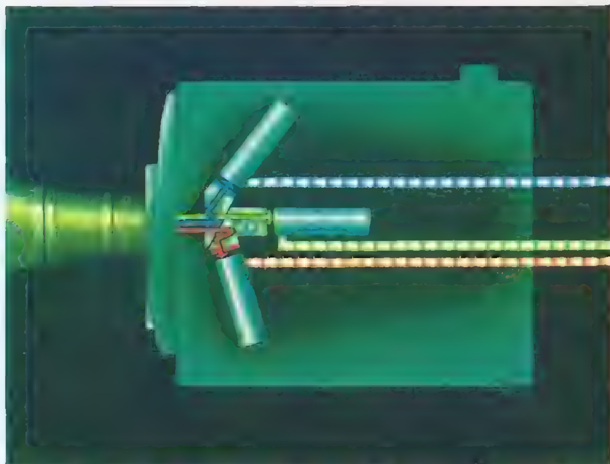


Fig. 22. Het licht dat de camera binnenkomt, wordt gesplitst in de drie grondkleuren

In plaats van het zwart-wit-signaal bij de zwart-wit-televisie, zijn er hier een zwart-rood-, een zwart-groen- en een zwart-blauw-signaal. Deze signalen kan men via een meeraderige kabel overbrengen naar de ontvanger. Dit kan echter eenvoudiger, daar men er in geslaagd is alle beschikbare informatie onder te brengen in de door één zender uit te zenden radiogolf.

Het overbrengen van kleursignalen door middel van radiogolven

Wij willen nu aanduiden hoe dit overbrengen in zijn werk gaat. In het uit te zenden signaal worden twee voortdurend aanwezige signalen ondergebracht, het *helderheidssignaal* en het *chrominantiesignaal*.

Het helderheidssignaal

Dit signaal geeft 25 keer per seconde voor elk punt van het beeld de *gemiddelde lichtsterkte* genomen over de drie grondkleuren. Het wordt verkregen door eenvoudige optelling van de drie signalen zwart-rood, zwart-groen en zwart-blauw. Daar rood+groen+blauw=wit, ontstaat een zwart-wit-signaal. Dit onderscheidt zich op geen enkele wijze van het video-signaal dat een „normale" zwart-wit-camera van dezelfde scene zou geven, maar dan zonder de omweg van kleurschifting gevolgd door additie van de drie kleursignalen, die de schifting weer teniet doet. Dit maakt het mogelijk de uitzending ook te volgen met een zwart wit ontvanger.

Het chrominantiesignaal

Dit signaal brengt letterlijk kleur in het beeld. Voor de technische uitvoering bestaan er hiervoor thans drie systemen: het N.T.S.C.-systeem (U.S.A. en Japan), het P.A.L.-systeem (het grootste deel van W. Europa) en het SECAM-systeem (Frankrijk en O. Europa). Op de details hiervan kunnen wij niet ingaan. Wij volstaan met een sterk vereenvoudigde beschrijving van hun algemene principe.

Wij bespraken reeds dat voor het overbrengen van het helderheidssignaal een draaggolf met een zeer hoge frequentie nodig is. Voor het overbrengen van het chrominantiesignaal gebruikt men een tweede draaggolf, waarvan de frequentie hier zeer dicht bij ligt. Beide draaggolven worden gelijktijdig ontvangen wanneer op een zender met een kleurenprogramma is afgestemd. Natuurlijk ontbreekt hier ook het geluid niet!

Het chrominantiesignaal moet twee verschillende gegevens bevatten:

a. welke kleur in het afgetaste punt *overheerst*.

Dit kan zijn: blauw, blauw+rood (met alle mogelijke verhoudingen tussen 1 : 0, d.i. blauw tot 0 : 1, d.i. rood), rood, rood+groen (met alle mogelijke verhoudingen tussen 1 : 0, d.i. rood, tot 0 : 1, d.i. groen), groen en groen+blauw (met alle mogelijke verhoudingen tussen 1 : 0, d.i. groen, tot 0 : 1, d.i. blauw).

Al deze kleuren vormen een geleidelijk in elkaar overgaande reeks. Men kan de in een punt overheersende kleur dus door een getal voorstellen, maar ook door de sterkte van een elektrische stroom. Bij het punt voor punt aftasten van het gehele beeld, ontstaat dan een in sterkte wisselende stroom en dat is wat wij een elektrisch signaal noemen. Wij weten reeds dat zo'n signaal op een draaggolf kan worden gemoduleerd. Dit doet men nu door middel van een bepaalde vorm van frequentiemodulatie. Géén frequentieverandering duidt op de kleur blauw, een kleine verandering op paars (=blauw+rood), een wat grotere verandering op rood, oranje of geel, enz.

b. hoe sterk de overheersende kleur is.

Ook dit is natuurlijk van essentieel belang voor een natuurgetrouwe weergave van de kleuren. Dit gegeven voor de achtereenvolgens afgetaste punten wordt eveneens voorgesteld door een elektrisch signaal. Het wordt in de chrominantiedraaggolf ondergebracht met behulp van *amplitudo*-modulatie. In één draaggolf zijn dus twee onafhankelijke gegevens ondergebracht!

Hoe beide signalen worden verkregen, is zeer ingewikkeld. Het berust voornamelijk op het bepalen van de helderheidsverschillen in de drie kleuren en dat gebeurt door het aftrekken van de verschillende kleursignalen.

Als voorbeeld geven wij nu van een aantal kleuren aan hoe deze verwerkt worden in de verschillende signalen.

kleur	helderheids-signaal	Chrominantiesignaal	
		overheersende kleur	sterkte
grijs	zwak	0	0
fel wit	sterk	0	0
fel rose	sterk	rood	zwak
fel rood	sterk	rood	sterk
donkerrood	zwak	rood	sterk
fel oranje	sterk	rood/groen 2:1	sterk
zwak geel	zwak	rood/groen 1:1	sterk
fel lichtgeel	sterk	rood/groen 1:1	zwak

De kleurentelevisie-ontvanger

Natuurlijk is de kleurenontvanger veel ingewikkelder dan een zwart-wit-ontvanger. Afb. 23 geeft er een sterk vereenvoudigd schema van. Uit de binnenkomende draaggolven worden door demodulatie de drie kleursignalen herleid die in de studio door de camera zijn geproduceerd: een rood, een groen en een blauw signaal. Het is de taak van de kleurenbeeldbuis hieruit het gekleurde beeld te laten ontstaan. Dit geschiedt met de additieve methode van kleurenmenging.

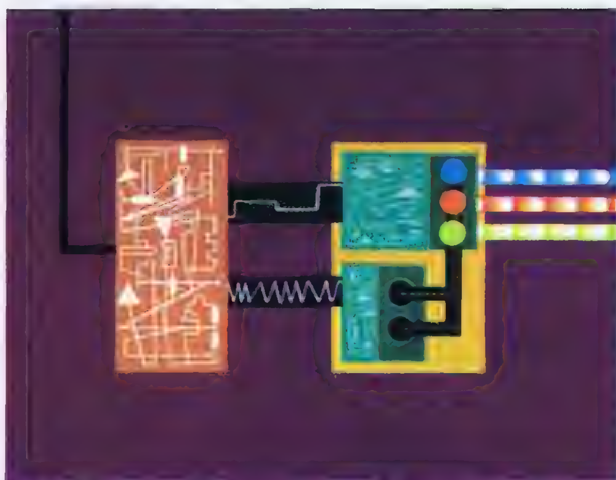


Fig. 23. Sterk vereenvoudigd blokschema van een kleurenontvanger

De kleurenbeeldbuis

De beeldbuis bevat drie elektronenkanonnen, één voor elke grondkleur (fig. 24). Elk kanon krijgt het hem toekomende kleursignaal toegevoerd en dit wordt omgezet in een elektronenstraal met wisselende sterkte. De drie elektronenstralen worden gemeenschappelijk door een afbuigspoelensysteem op de ons wel bekende wijze over het scherm van de beeldbuis bewogen.

Het scherm is op een bepaalde wijze voorzien van drie luminescerende stoffen die resp. rood, groen en blauw oplichten. Het is nu zaak dat elke elektronenstraal op het scherm alleen



Fig. 24. Kleurenbeeldbuis met drie ingetekende elektronenstralen

Fig. 25. Dank zij de precieze onderlinge positie van de elektronenkanonnen, de maskerplaat en de drie soorten lichtgevende stippen, beïnvloedt elk der drie elektronenstralen alleen zijn „eigen" kleur





Fig. 26. Vier voorbeelden van stippencombinaties

zijn eigen kleuren doet ontstaan; de niet voor hem bestemde stoffen mag hij onder geen voorwaarde treffen. Dit wordt door afscherming mogelijk gemaakt doordat in de buis, op enige afstand van het scherm een zeer fijn masker is geplaatst, een dunne metalen plaat met liefst ca. 400.000 zeer fijne, ronde gaatjes (fig. 25).

De drie elektronenstralen zijn op een bepaald moment gericht op één van deze gaatjes. Nadat de stralen met onderling iets verschillende invalsrichting, door dit gaatje gegaan zijn, doen zij op het scherm drie fijne ronde vlekjes oplichten, voor elk elektronenkanon één, en ... voor elke grondkleur één! Men heeft er nl. via een ingewikkeld en uiterst nauwkeurig fabricage-systeem voor gezorgd dat het scherm op de drie genoemde punten bedekt is met drie verschillende luminescerende stoffen. Daar er 400.000 gaatjes zijn, bevat het scherm dus 3×400.000 d.i. 1.200.000 van dergelijke puntjes!

Ons kleurentelevisiescherm heeft dus ruim een miljoen lichtpuntjes, die elk 25 keer per seconde oplichten in de drie kleuren met een sterkte die bepaald wordt ... ja, als wij hele-

maal terug gaan . . . door de kleur en helderheidsverdeling in de scene in de studio. Ons doel is bereikt.

Fig. 26 toont ons het scherm oplichtend in de kleuren geel, wit, bruin resp. paars waarbij telkens van een deel een sterk vergrote afbeelding is gegeven. Duidelijk is te zien dat op het scherm steeds slechts drie kleuren aanwezig zijn: rood, groen en blauw.

Evenals bij de zwart-wit-ontvanger moet men niet te dicht bij de kleurenontvanger gaan zitten, daar men anders het raster ziet.

En tenslotte: een televisietoestel is een toestel dat men met inzicht moet leren gebruiken. Laat het „venster op onze kleurrijke wereld" de kijker niet tot slaaf maken!

Woorden en begrippen



PHILIPS NEDERLAND N.V. – EINDHOVEN
AFD. ONDERWIJSVOORLICHTING